

Конечный результат 3D моделирования будет размещен на сайте www.arbaskakov.ru, что позволит сохранить полученный на кафедре опыт по данному техническому решению и использовать его в научно-исследовательских и образовательных целях, а функциональный макет из пластика будет размещен в именной аудитории профессора.

Список использованных источников

1. Albert Baskakov: интернет-сайт, посвящённый жизни и деятельности профессора, д. т. н. Баскакова А. П. [Электронный ресурс]. URL: www.arbaskakov.ru (дата обращения 20.11.2017).
2. Баскаков А. П. Исследование прокалики железосодержащих отходов в кипящем слое и разработка технического задания на проектирование топки с кипящим слоем: отчет о НИР.
3. Autodesk: сайт разработчика программного обеспечения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.ru/products/inventor/overview> (дата обращения 20.11.2017).

УДК 66.021.3

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ВНЕШНЕМУ МАССООБМЕНУ В ВИБРОКИПАЮЩЕМ СЛОЕ

PRACTICAL APPLICATION OF EXPERIMENTAL DATA OF EXTERNAL MASS TRANSFER PROCESSES AT VIBRATING FLUIDIZED BED

Горбунова А. М.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
anessa86@mail.ru

Gorbunova A. M.

Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: По аналогии с псевдооживленным слоем введено число Шмидта в уравнение подобия по внешнему массообмену в виброкипящем слое, позволяющее распространить его на процессы с примесью целевого компонента другой физической природы.

Abstract: Schmidt number was imposed into equations of similarity that described an external mass transfer at vibrating fluidized bed. It makes it possible to extend the Schmidt number for calculation of processes that contain a target compound with another physical nature.

Ключевые слова: виброкипящий слой; внешний массообмен; уравнение подобия; число Шмидта.

Key words: vibrating fluidized bed; external mass transfer; similarity equation; Schmidt number.

Известно, что массообменные процессы значительно интенсифицируются при их проведении с использованием дисперсных систем с активными гидродинамическими режимами, в частности, внешний массообмен в псевдооживленном (например, [1, 2]) и виброкипящем [3, 4] слоях. При аналитическом описании этих процессов с примесью целевого компонента используются граничные условия массообмена 3-го рода, аналогичные таковым для теплообмена:

$$D \frac{\partial \rho_i}{\partial n} \Big|_C = \beta (\rho_{i,C} - \rho_{i,0}) \text{ или } D \frac{\partial \rho_i}{\partial n} \Big|_C = \frac{\beta}{R_i T} (P_{i,C} - P_{i,0}) = \beta_{Pi} (P_{i,C} - P_{i,0}),$$

где D – коэффициент диффузии целевого компонента в теле или жидкости, граничащей с потоком; ρ_i – концентрация целевого компонента в них; $\rho_{i,C}$, $\rho_{i,0}$ – концентрация целевого компонента на поверхности раздела и в потоке вдали от поверхности раздела; $P_{i,C}$, $P_{i,0}$ – парциальные давления целевого компонента на поверхности раздела и в потоке вдали от поверхности раздела.

Чтобы воспользоваться аналитическим решением, полученным с применением этих граничных условий, или для определения потока

массы по уравнению $j_i = \beta(\rho_{i,c} - \rho_{i,0}) = \frac{\beta}{R_i T} (P_{i,c} - P_{i,0}) = \beta_{Pi} (P_{i,c} - P_{i,0})$,

необходимо иметь сведения о коэффициентах массоотдачи β , приведенных для псевдооживленного слоя в [1, 2] и обобщенных в виде уравнений подобия

$$Sh = 0,0175 Ar^{0,46} Sc^{0,33} (w_\phi/w_0)^{0,3}, \quad (1)$$

$$\frac{Sh}{Sc^{1/3}} = 0,117 Ar^{0,39} \left(\frac{d_T}{D_3} \right)^{0,13} \left(\frac{\rho_T}{\rho_3} \right)^{-0,15}, \quad (2)$$

а для виброкипящего в [3, 4], обобщенных уравнением:

$$Sh = 14,2 \cdot K^{0,64} Pe_D^{0,17} \left(\frac{A}{D_{III}} \right)^{0,072} \left(\frac{H_0}{D_{III}} \right)^{0,15}. \quad (3)$$

Здесь $Sh = \beta \cdot d_T/D$ – число Шервуда в (1), (2) и $Sh = \beta \cdot D_{III}/D$ в (3); Ar – число Архимеда; $Sc = \nu/D$ – число Шмидта; $K = A \cdot \omega^2/g$ – относительное ускорение вибрации; $Pe_D = A \omega \cdot D_{III}/D$ – число Пекле диффузионное; A – амплитуда вибрации; ω – угловая частота вибрации; g – ускорение силы тяжести; D_{III} – диаметр шара; H_0 – высота насыпного слоя.

Из уравнений (1) и (2) видно, что свойства целевого компонента в псевдооживленном слое учитываются введением числа Шмидта в степени 0,33 по аналогии с влиянием числа Прандтля при вынужденной конвекции на число Нуссельта. Это позволяет и в случае внешнего массообмена в виброкипящем слое в первом приближении априори учитывать влияние физических свойств целевого компонента введением $Sc^{0,33}$. Тогда полученное обобщенное эмпирическое уравнение подобия (3) [3] для описания массоотдачи для тел, занимающих фиксированное положение в слое, можно записать в следующем виде:

$$Sh = 10,4 \cdot K^{0,64} Pe_D^{0,17} \left(\frac{A}{D_{III}} \right)^{0,072} \left(\frac{H_0}{D_{III}} \right)^{0,15} Sc^{0,33}, \quad (4)$$

что дает возможность применять его для оценочных расчетов при описании массоотдачи целевого компонента в виброкипящем

слое другой физической природы.

Применение псевдооживленного слоя для интенсификации внешнего массообмена при проведении физико-химических процессов хорошо известно. В аппаратах с псевдооживленным слоем интенсификация процессов достигается при помощи продувания через зернистый слой восходящих потоков газа. Но этот способ ограничен скоростью витания частиц твердой фазы. Кроме того, эта скорость резко снижается с уменьшением размера частиц при одновременном возрастании их склонности к агрегированию, что препятствует созданию однородного кипящего слоя: могут образовываться застойные зоны или сквозные каналы. В связи с этим для получения однородного псевдооживления со значительной развитой межфазной поверхностью успешно используется вибро-кипящий слой потому, что подача целевого компонента не связана жестко с интенсивностью и характером движения дисперсного материала, обусловленного вибрационным воздействием.

Экспериментальные данные, приведенные в [3, 4], могут быть использованы при разработке вертикального виброаппарата [4] для окислительной перекристаллизации отработавшего топлива АЭС и в других процессах, связанных с термической и химико-термической обработкой.

Список использованных источников

1. Баскаков А. П., Супрун В. М. Массоотдача с поверхности тела, погруженного в кипящий слой // Хим. промышленность. 1970. № 9. С. 58–61 (698–701).
2. Пальченко Г. И., Тамарин А. И. Массообмен подвижной частицы в псевдооживленном слое крупнодисперсного материала // Инж.-физический журнал. 1984. Т. 47. № 2. С. 235–242.
3. Горбунова А. М., Сапожников Б. Г. Обобщение опытных данных по внешнему массообмену тел, занимающих фиксированное положение в вибро-кипящем слое // Наука. Технологии. Инновации. Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых в 10 частях. Новосибирск: изд-во НГТУ, 2013. Ч. 4. С. 327–331.
4. Особенности внешнего тепло- и массообмена в виброаппаратах для регенерации отработавшего топлива АЭС / Б. Г. Сапожников, А. М. Горбунова, Ю. О. Зеленкова, Г. Б. Сапожников, Н. П. Ширяева // Теплоэнергетика. 2014. № 6. С. 66–72.